الفصل الأول

وحدات القياس

Measurement Units

١-١ مقدمة Introduction

تتعلق معظم الحسابات في الكيمياء والفيزياء بقياس أنواع مختلفة من الكميات مثل الطول، الحجم، الكتلة، الطاقة. حيث أن كل قياس يحتوي على رقم ووحدة، فإذا فرضنا أن كتلة عينة ما 170 g، فهذا يعني أن كتلتها تساوي 170 أمثال الغرام الذي تم اختياره كوحدة كتلة واتخذ أساساً للمقارنة. إن اختيار الكميات والوحدات المرافقة لها هو موضوع اختياري. فهناك العديد من الوحدات ظهرت واستخدمت على مدى فترة طويلة من الزمن في بعض البلدان كوحدات لكميات معينة بينما كانت تستخدم وحدات أخرى لقياس نفس الكميات في بلدان أخرى. إن أهم المقادير المستخدمة هي الطول والكتلة والزمن، حيث تم قياس الطول مثلاً بوحدات مثل البوصات أو الأقدام أو الأمتار ...الخ. فأي منها يجب استخدامه؟

من هنا نشأت فكرة إيجاد نظام موحد للوحدات. ونتيجة التعاون العلمي بين المؤسسات العالمية المتنوعة تم توحيد وحدات القياس لسهولة التعامل معها، واعتمد نظام الوحدات الدولية International System of Units (SI Units). وفي هذا النظام تصبح وحدات الطول والكتلة والزمن هي المتر والكيلو غرام والثانية، ويرمز لها S ,kg , m على الترتيب.

بالإضافة إلى النظام الدولي SI، هناك نظام آخر ويسمى **النظام الانكليزي** English System الذي يستخدم بشكل شائع في الولايات المتحدة الأمريكية ويستخدم فيه القدم ft كوحدة لقياس الطول والكوارتر qt لقياس الحجم مثلاً. وبالإضافة إلى الوحدات المعروفة للطول والكتلة والزمن فهناك وحدات أخرى مثل السنتمتر والغرام والثانية وتدعى هذه الجملة التي تضم هذه الوحدات **بالجملة السغثية** (cgs).

سندرس باختصار كل من الوحدات الأساسية والوحدات المشتقة في النظام SI. ثم نستعرض كيف يتم التحويل بين وحدات القياس المستخدمة في النظام الدولي ووحدات القياس المستخدمة في الأنظمة الأخرى.

١-٢ الوحدات الأساسية في النظام الدولي لوحدات القياس

Basic Units of International System of Units

يضم النظام الدولي لوحدات القياس سبع كميات أساسية لكل منها الوحدات الخاصة بها كما هو مبين في الجدول رقم (١-١). كما يبين الجدول رقم (١-٢) مضاعفات وحدات القياس وأجزاؤها في النظام الدولي SI.

الجدول رقم (١-١): وحدات القياس الأساسية في النظام الدولي SI.

Quantity	Unit	Abbreviation
Length	meter	m
Mass	kilogram	kg
Time	second	s
Temperature	kelvin	K
Amount	mole	mol
Electric current	ampere	A
Luminous intensity	candela	cd

الجدول رقم (١-٢): مضاعفات وحدات القياس وأجزاؤها في النظام الدولي SI.

Prefix	Abbreviation	Meaning
yotta-	Y	10^{24}
zetta-	Z	10^{21}
exa-	E	10^{18}
peta-	P	10^{15}
tera-	T	10^{12}
giga-	G	10^{9}
mega-	M	10^{6}
kilo-	k	10^{3}
hecto-	h	10^{2}
deka-	da	10^{1}
deci-	d	10^{-1}
centi-	c	10^{-2}
milli-	m	10^{-3}
micro-	μ	10^{-6}
nano-	n	10^{-9}
pico-	p	10^{-12}
femto-	f	10^{-15}
atto-	a	10^{-18}
zepto-	z	10^{-21}
yocto-	y	10^{-24}

١-٢-١ المتر Meter

يرمز له اختصاراً بالرمز m وهو الوحدة الأساسية لقياس الطول في النظام الدولي لوحدات القياس. ويشتق منه وحدة المساحة ووحدة الحجم. ويعرف بأنه المسافة المحددة على قضيب من سبيكة البلاتين والايريديوم يحتفظ به للمعايرة في متحف العلوم بباريس. تستخدم في الحسابات أحياناً وحدات هي أجزاء المتر مثل السنتيمتر cm والنانومتر nm والانغستروم حيث:

$$1A^{\circ} = 10^{-10}m$$

ومازالت بعض الدول تستخدم وحدات للطول مثل البوصة in والياردة yd والميل mi ...الخ.

١-٢-٢ الكيلوغرام Kilogram

يرمز له اختصاراً بالرمز kg وهو الوحدة الأساسية لقياس الكتلة في النظام الدولي لوحدات القياس. ويعرّف الكيلوغرام بأنه كتلة اسطوانة مصنوعة من خليطة البلاتين والايريديوم محفوظة في المعهد الدولي للأوزان والمقاييس قرب باريس.

وهنا لابد من التمييز بين الكتلة mass(m) والوزن weight(W). فالكتلة مقدار ثابت، أما الوزن فهو متغير(لأنه عبارة عن قوة جذب أي كتلة تحت تأثير قوة الجاذبية) ويتغير من مكان لآخر حسب قيمة تسارع الجاذبية الأرضية g. ويقاس بالنظام الدولي بوحدة النيوتن N. حيث يحسب الوزن من العلاقة التالية:

$$W = g \times m$$

١-٢-٣ الثانية Second

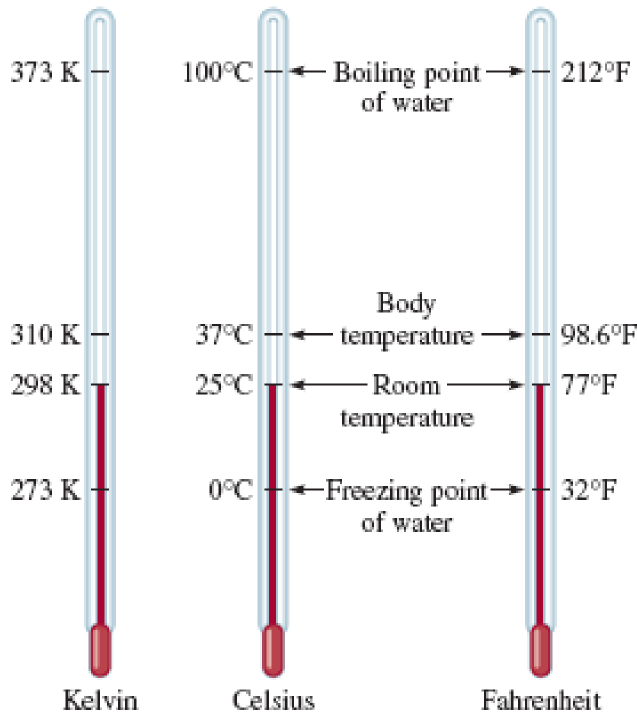
يرمز لها اختصاراً بالرمز S وهي الوحدة الأساسية لقياس الزمن في النظام الدولي لوحدات القياس. وتم تعريف الثانية عام 1967 بأنها فترة بقاء تعادل 770 631 192 9 مرة من زمن الإشعاع الناتج عن الانتقال بين سويتين من سويات الطاقة في ذرة السيزيوم 133. وقد تم اختيار هذا المقياس لإمكانية تكرار قياسه بدقة في أي مكان من العالم.

١-٢-٤ الكلفن Kelvin

يرمز له اختصاراً بالرمز K وهو الوحدة الأساسية لقياس درجة الحرارة الترموديناميكية في النظام الدولي لوحدات القياس. ويعرّف الكلفن بأنه جزء من 273.15 جزءاً من درجة الحرارة

للنقطة الثلاثية للماء. حيث تمثل النقطة الثلاثية درجة حرارة الماء عند وجوده في الحالات الفيزيائية الثلاث صلبة وسائلة وغازية في حالة التوازن. تحدد نقطة تجمد الماء على مقياس كلفن عند الدرجة 273.15 K ونقطة غليانه عند الدرجة 373.15 K.

أما بالتدريج الحراري باستخدام وحدات الدرجة المئوية (السيلسيوس) Celsius فنقطة تجمد الماء 0°C ونقطة غليانه 100°C عند الضغط الجوي النظامي. تقسم المسافة بين هاتين النقطتين على مقياس درجة الحرارة إلى مائة قسم متساو حيث يعادل كل قسم درجة مئوية واحدة 1°C. ويمكن أن يمتد هذا التقسيم بمسافات متساوية أعلى وأسفل هاتين النقطتين الثابتتين. وعلى الرغم من أن هذا التدريج لا ينسجم مع الوحدات في النظام الدولي SI إلا أنه شائع الاستخدام بالنسبة للعديد من الدراسات. على المقياس الفهرنهايتي Fahrenheit تكون نقطة تجمد الماء 32°F ونقطة غليانه 212°F. والشكل رقم (١-١) يمثل مقارنة بين هذه المقاييس الثلاثة لدرجة الحرارة.



الشكل رقم (١-١): مقارنة بين مقاييس درجة الحرارة، سلسيوس ،كلفن ، فهرنهايت.

ويمكن الانتقال من واحدة لأخرى باستخدام العلاقات الرياضية التالية:

$$T_K = T_C + 273.15$$

$$T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32)$$

$$T_F = \frac{9}{5}T_C + 32$$

١-٢-٥ المول Mole

يرمز له اختصاراً بالرمز mol ويعني باللغة العربية الجزيئ الغرامي. وهو الوحدة الأساسية لقياس كمية المادة في النظام الدولي لوحدات القياس. ويعرّف المول بأنه كمية المادة التي تحتوي على عدد أفوغادرو N_A (Avogadro's number) من الجزيئات أو الذرات أو الشوارد أو ...إلخ. حيث:

$$N_A = 6.022x10^{23} \ \ molecules/mol$$

١-٢-٦ الأمبير Ampere

يرمز له اختصاراً بالرمز A وهو الوحدة الأساسية لقياس شدة التيار في النظام الدولي لوحدات القياس. ويعرف بأنه: شدة التيار الكهربائي المار في ناقلين مستقيمين متوازيين مقطعهما دائري ومهمل بالنسبة لطوليهما وتفصل بينهما مسافة متر واحد والذي يحدث في الفراغ قوة شدتها 2.10^{-7} نيوتن في المتر الواحد من الطول.

١-٢-٧ الشمعة: Candela

يرمز لها اختصاراً بالرمز cd وهي الوحدة الأساسية لقياس شدة الإضاءة في النظام الدولي لوحدات القياس. وتعرف بأنها الإضاءة الصادرة عن منبع ضوئي يصدر عند تردد محدد 540 مليار هرتز وعند شدة محددة (1/683 واط لكل وحدة مساحة تسمى ستيراديان). أو أنها شدة 1/60 من شدة الضوء الصادر من $1cm^2$ من جسم اسود يشع عند درجة حرارة تجمد البلاتين (2042K).

١–٣ الوحدات المشتقة من الوحدات الأساسية

Derived Units from Basic Units

هناك العديد من الوحدات المشتقة من الوحدات الأساسية في النظام الدولي لوحدات القياس كما هو مبين في الجدول رقم (١–٣). سوف نستعرض في هذه الفقرة بعضاً منها:

الجدول رقم (١–٣): بعض الوحدات المشتقة من وحدات القياس الأساسية في النظام الدولي SI.

Quantity	Definition of Quantity	SI Unit
Area	Length squared	m^2
Volume	Length cubed	m^3
Density	Mass per unit volume	kg/m^3
Speed	Distance traveled per unit time	m/s
Acceleration	Speed changed per unit time	m/s^2
Force	Mass times acceleration of object	$kg{\cdot}m/s^2$ (= newton, N)
Pressure	Force per unit area	$kg/(m{\cdot}s^2)$ (= pascal, Pa)
Energy	Force times distance traveled	$kg{\cdot}m^2/s^2$ (= joule, J)

فالمساحة Area تقاس بوحدة مشتقة من الوحدات الأساسية في النظام الدولي لوحدات القياس هي **المتر المربع m^2** وأجزاؤه، أما السنتيمتر المربع والميليمتر المربع فهي الوحدات الأقل انتشاراً.

والحجم Volume يقاس بوحدة مشتقة من الوحدات الأساسية في النظام الدولي لوحدات القياس هي **المتر المكعب m^3** وأجزاؤه، ولكن في كثير من البلدان تستخدم وحدات شائعة لقياس الحجم مثل الجالون gal أو الكوارتر qt، وفي معظم الدراسات تستخدم وحدة اللتر L حيث:

$$1L = 1dm^3 = 1000mL = 1000cm^3 = 0.001m^3$$

$$1m^3 = 1000L = 1000dm^3$$

والكثافة Density تقاس بوحدة مشتقة من الوحدات الأساسية في النظام الدولي لوحدات القياس هي **الكيلو غرام لكل متر مكعب kg/m^3**، وتعرف الكثافة بأنها كتلة وحدة الحجم أو وحدة كتلة الحجم وتساوي حاصل قسمة كتلة المادة على حجمها، ويرمز لها بالرمز d. ويجب أن يشار إلى درجة الحرارة التي تم قياس الكثافة عندها لأنه من المعروف أن قيمة الكثافة تتغير بتغير درجة الحرارة. وفي الحسابات الكيميائية تقاس الكثافة عادة بالوحدات g/L (g/dm^3) و g/mL

(g/cm^3) و kg/L. ويبين الجدول رقم (١–٤) قيم الكثافة لبعض المواد المعروفة عند الدرجة 20°C والضغط الجوي القياسي 1 atm:

الجدول رقم (١–٤): قيم الكثافة لبعض المواد عند الدرجة 20°C والضغط 1atm.

Substance	Physical State	Density (g/cm^3)
Oxygen	Gas	0.00133
Hydrogen	Gas	0.000084
Ethanol	Liquid	0.789
Benzene	Liquid	0.880
Water	Liquid	0.9982
Magnesium	Solid	1.74
Salt (sodium chloride)	Solid	2.16
Aluminum	Solid	2.70
Iron	Solid	7.87
Copper	Solid	8.96
Silver	Solid	10.5
Lead	Solid	11.34
Mercury	Liquid	13.6
Gold	Solid	19.32

أما الكثافة النسبية Specific gravity (الكتلة النوعية) فهو الرقم الذي يمثل النسبة بين كتلة الجسم وكتلة حجم مساوي له من مادة قياسية. ويستخدم الماء كمادة قياسية في حالة الأجسام الصلبة والسوائل، أما في حالة الغازات فيستخدم الهواء كمادة قياسية في معظم الأحيان. والكثافة النسبية ليس لها وحدة لأنها تمثل النسبة بين كثافة الجسم وكثافة الماء عند نفس درجة الحرارة.

$$sp.gr = \frac{d_{substance}}{d_{water}}$$

وكما سنرى في فصل المياه ومعالجتها، فإن كثافة الماء تصل إلى القيمة العظمى 1.00 g/cm^3 عند درجة الحرارة 4°C وإن كثافة الماء لا تتغير بأكثر من 0.5% مابين الدرجة 0°C والدرجة 30°C، فإننا نعتبر أن كثافة الماء 1.00 g/cm^3 ككمية صحيحة في حسابات الكثافة النسبية فعادة توزن المادة وتقارن بالنسبة للماء عند درجة حرارة المختبر. أما في حالة القياسات العالية الدقة فيجب أن تقاس الكثافة للتعبير عن المادة وليس الكثافة النسبية.

وأما **السرعة Speed** فأبعادها هي المسافة لكل وحدة زمن لذلك تقاس في النظام الدولي بوحدة **المتر لكل ثانية m/s**، وبالتالي **تسارع الجاذبية Acceleration** فيقاس في النظام الدولي للوحدات بواحدة **m/s^2**. ويمكن أن يعبر عن السرعة بوحدة الكيلو متر لكل ثانية km/s عندها يقدر التسارع بوحدة الكيلو متر لكل ثانية مربعة km/s^2.

وبالنسبة **للقوة Force** فيعبر عنها في النظام الدولي بوحدة **النيوتن N** والذي يساوي $1kg.m/s^2$، ويعرف النيوتن بأنه القوة التي إذا أثرت على كتلة مقدارها 1kg تحركها بتسارع مقداره $1m/s^2$. أما في الجملة السغثية فتقاس القوة بوحدة الداين dyne والذي يساوي $1g.cm/s^2$، ويعرف الداين بأنه القوة التي إذا أثرت على كتلة مقدارها 1g تحركها بتسارع مقداره $1cm/s^2$. ويعتبر الداين من الوحدات الشائعة والمستخدمة للتعبير عن القوة. ومما سبق نستنتج

$$1N = 10^5 dyne$$

و**الضغط Pressure** بأنه القوة المؤثرة على وحدة المساحة. ويقاس الضغط في النظام الدولي بوحدة **الباسكال Pascal** ويرمز اختصاراً بـ **Pa**. حيث أن:

$$1Pa = \frac{1N}{m^2} = \frac{kg.m/s^2}{m^2} = kg/ms^2$$

والضغط الجوي هو الضغط الذي يمارسه مزيج الغازات الموجودة في الجو على الأرض. أما الضغط الجوي القياسي كما يظهر الشكل رقم (١−٢) فهو الضغط الذي يحدثه عمود من الزئبق طوله 76 cm عند درجة حرارة صفر مئوي وعند نقطة من سطح الأرض يكون فيها تسارع الجاذبية الأرضية يساوي الوحدة أي القيمة $9.81\ m/s^2$ (أي عند سطح البحر).ويقدر الضغط أيضاً بعدة وحدات مثل bar و torr .و atm.الخ حيث:

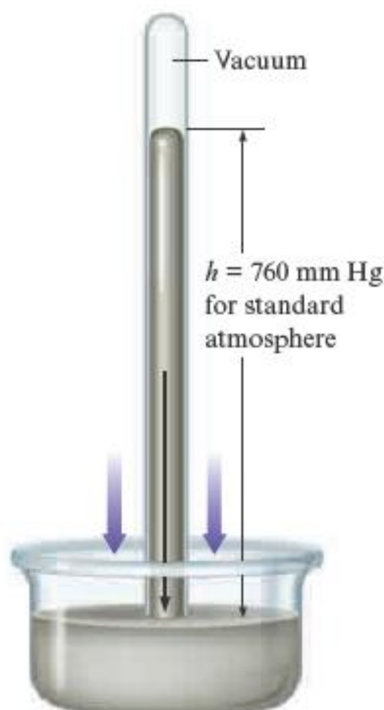
$$1bar = 10^5 Pa \quad \text{و} \quad 1atm = 760mm\ Hg = 760\ torr = 101325\ Pa$$

و**الطاقة Energy** تقدر بوحدة **الجول Joule** في النظام الدولي للوحدات. وتستخدم أيضاً بشكل شائع وحدة الحريرة Calorie لقياس الطاقة حيث:

$$1\text{cal} = 4.184\ \text{J}$$

وسنتحدث عن الطاقة ووحداتها المستخدمة في فصل مبادئ الترموديناميك والكيمياء الحرارية.

ويبين الجدول رقم (١-٥) معاملات التحويل بين النظام الإنكليزي والنظام المتري لقياس الوحدات، أما الجدول رقم (١-٦) فيوضح بعض معاملات التحويل المهمة.



الشكل رقم (١-٢): الضغط الجوي القياسي.

الجدول رقم (١-٥): معاملات التحويل بين النظام الإنكليزي والنظام المتري لقياس الوحدات

SI Units	English Units	SI-English Equivalents
Length		
1 km = 10^3 m	1 mi = 5280 ft	1 mi = 1.609 km
1 cm = 10^{-2} m	1 yd = 3 ft	1 m = 39.37 in
1 mm = 10^{-3} m	1 ft = 12 in	1 in = 2.54 cm*
1 nm = 10^{-9} m		
Volume		
1 m^3 = 10^6 cm^3	1 gal = 4 qt	1 L = 1.057 qt
1 cm^3 = 1 mL	1 qt = 57.75 in^3	1 qt = 0.946 L
	1 qt = 32 fluid ounces	
Mass		
1 kg = 10^3 g	1 lb = 16 ounces avdp†	1 lb = 453.6 g
1 mg = 10^{-3} g	1 ton = 2000 lb	1 avdp ounce = 28.35 g†
		1 troy ounce = 31.10 g†

*The inch-to-centimeter conversion is exact; other SI-English conversions are approximate.

†Ounces avoirdupois are used to express the weights of most items of commerce other than gems, precious metals, and drugs. Jewelers and pharmacists use troy ounces.

الجدول رقم (١-٦): بعض معاملات التحويل المهمة والمفيدة في وحدات القياس المختلفة.

UNIT CONVERSIONS

LENGTH

SI base unit = meter, m

1 Å = 10^{-10} m = 100 pm
1 in = 2.54 cm (exact)
1 cm = 0.3937 in
1 yd = 0.9144 m (exact)
1 m = 1.0936 yd
1 mi = 1.6093 km
1 km = 0.6214 mi
1 mi = 5280 ft

MASS

SI base unit = kilogram, kg

1 amu = $1.660538782 \times 10^{-27}$ kg
1 lb = 453.59237 g (exact)
1 kg = 2.2046 lb
1 lb = 16 oz (exact)
1 ton = 907.18474 kg (exact)
1 ton = 2000 lb (exact)
1 metric ton = 10^3 kg (exact)
1 metric ton = 2204.6 lb

TEMPERATURE

SI base unit = kelvin, K

0 K = −273.15°C
0 K = −459.67°F

$$T_K = \left(t_C \times \frac{1\text{ K}}{1^\circ\text{C}}\right) + 273.15\text{ K}$$

$$t_C = \frac{5^\circ\text{C}}{9^\circ\text{F}} \times (t_F - 32^\circ\text{F})$$

$$t_F = \left(t_C \times \frac{9^\circ\text{F}}{5^\circ\text{C}}\right) + 32^\circ\text{F}$$

VOLUME

SI derived unit = cubic meter, m^3

1 L = 1 dm^3 (exact)
1 mL = 1 cm^3 (exact)
1 L = 1.0567 qt
1 in^3 = 16.387064 cm^3 (exact)
1 gal = 3.785411784 L (exact)
1 gal = 4 qt (exact)
1 qt = 16 fluid oz (exact)

ENERGY

SI derived unit = joule, J

1 J = 1·kg·m^2/s^2 (exact)
1 J = 0.2390 cal
1 J = 1 C V = 1 coulomb volt (exact)
1 cal = 4.184 J (exact)
1 eV = 1.6022×10^{-19} J
1 eV/molecule = 96.4853 kJ/mol
1 J = 9.4781×10^{-4} Btu

PRESSURE

SI derived unit = pascal, Pa

1 Pa = 1 kg/m·s^2 (exact)
1 atm = 101,325 Pa (exact)
1 atm = 760 torr (exact)
1 torr = 1 mmHg (exact)
1 bar = 10^5 Pa (exact)
1 atm = 14.696 lb/in^2

أمثلة وتمارين محلولة

١− يستهلك الشخص يومياً كمعدل وسطي 0.0833 lb (pound) من الكلوكوز. أحسب هذه الكتلة بوحدة mg علماً أن: 1lb = 453.6 g.

الحل:

$$m(mg) = 0.0833lb \times \frac{453.6g}{1lb} \times \frac{1mg}{1 \times 10^{-3}g} = 3.78 \times 10^{4}mg$$

٢− يبلغ نصف قطر ذرة الفوسفور r = 1.10 Å. عبر عن نصف القطر بوحدتي cm و pm. ثم أحسب حجم ذرة الفوسفور بوحدات $Å^3$ و cm^3 و nm^3.

الحل: − حساب نصف قطر الذرة بالوحدتين المطلوبتين:

$$r(cm) = 1.10A^{\circ} \times \frac{1 \times 10^{-10}m}{1A^{\circ}} \times \frac{1cm}{1 \times 10^{-2}m} = 1.10 \times 10^{-8}cm$$

$$r(pm) = 1.10A^{\circ} \times \frac{1 \times 10^{-10}m}{1A^{\circ}} \times \frac{1pm}{1 \times 10^{-12}m} = 1.10 \times 10^{2}pm$$

− حساب حجم الذرة بالوحدات المطلوبة:

$$V(Å^3) = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi\left(1.10Å\right)^3 = 5.58Å^3$$

$$V(cm^3) = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi(1.10 \times 10^{-8}cm)^3 = 5.58 \times 10^{-24}cm^3$$

$$V(nm^3) = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi(1.10 \times 10^{-1}nm)^3 = 5.58 \times 10^{-3}nm^3$$

٣− تحتوي محيطات العالم بشكل تقريبي $1.35x10^9$ km^3 من الماء. أحسب حجم الماء مقدراً بوحدتي dm^3 و L.

الحل:

$$V(dm)^3 = 1.35 \times 10^{9}km^3 \times \left(\frac{10^3m}{1km}\right)^3 \times \left(\frac{1dm}{10^{-1}m}\right)^3 = 1.35 \times 10^{21}dm^3$$

وبما أن:

$$1dm^3 = 1L \Longrightarrow V(L) = 1.35 \times 10^{21}L$$

٤- حول 6.51 ميل (miles) إلى وحدة المتر. مستخدماً التحويلات التالية:

$$1mi = 5280ft, 1ft = 12in, 1in = 2.54cm$$

الحل:

$$6.51mi \times \frac{5280ft}{1mi} \times \frac{12in}{1ft} \times \frac{2.54cm}{1in} \times \frac{1 \times 10^{-2}m}{1cm} = 1.05 \times 10^4 m$$

٥- تساوي كثافة الأرض وسطياً القيمة $5.52\ g/cm^3$. أحسب كثافة الأرض بوحدتي kg/m^3 و lb/ft^3. حيث:

$$1ft = 12in, 1in = 2.54cm, 1kg = 2.205lb$$

الحل:

$$d(kg/m^3) = \frac{5.52g}{1cm^3}\left(\frac{1cm}{1 \times 10^{-2}m}\right)^3\left(\frac{1kg}{1 \times 10^3 g}\right) = 5.52 \times 10^3 kg/m^3$$

$$d(lb/ft^3) = \frac{5.52g}{1cm^3} \times \left(\frac{2.54cm}{1in}\right)^3\left(\frac{12in}{1ft}\right)^3\left(\frac{1kg}{1 \times 10^3 g}\right)\left(\frac{2.205lb}{1kg}\right)$$

$$= 344.66\ lb/ft^3$$

٦- إذا علمت أن:

$$1short\ ton = 2000lb, \qquad 1lb = 453.6g,$$

$$metric\ ton = 10^6 g, \qquad troy\ ounce = 31.10g$$

فكم غراماً يساوي 3.58 short ton. وكم طن متري تساوي 49.6×10^6 troy ounce.

الحل:

$$3.58short\ ton \times \frac{2000lb}{1short\ ton} \times \frac{453.6g}{1lb} = 3.25 \times 10^6 g$$

$$49.6 \times 10^6 troy\ ounce \times \frac{31.10g}{troy\ ounce} \times \frac{1metric\ ton}{10^6 g}$$
$$= 1542.56\ metric\ ton$$

ملاحظة١) يجب التمييز بين metric ton و short ton و long ton كمايلي:

$$1metric\ ton = 1000kg, 1short\ ton = 907.1847kg,$$

$$1long\ ton = 1016.047kg$$

ملاحظة٢) كما يجب التمييز بين troy ounce و(avoirdupois ounce (avdp ounce

التي يرمز لها أحياناً بالرمز oz حيث:

$$1troy\ ounce = 31.10g, \quad 1avoirdupois\ ounce = 28.35g$$

٧- تم طلاء سطح معدن بطبقة منتظمة من الدهان سماكتها 0.08mm. فإذا علمت أنه تم استخدام 4L (جالون تقريباً) من الدهان. فأحسب مساحة السطح المطلي مقدرة بالمتر المربع.

الحل: إن الحجم يساوي إلى مساحة السطح مضروباً بالسماكة وبالتالي مساحة السطح تساوي الحجم مقسوماً على السماكة. نطبق هذا القانون بعد تحويل وحدات جميع القيم إلى وحدة المتر ومضاعفاته وبالتالي:

$$A = \frac{V}{m} = 4L\left(\frac{1m^3}{10^3 L}\right) \Big/ 0.08mm\left(\frac{1m}{10^3 mm}\right) = 50m^2$$

وهي مساحة السطح المطلي.

٨- أستنتج قيمة الضغط الجوي القياسي بالوحدة الدولية وبالوحدة السغثية. علماً أن كثافة الزئبق $13.6\ g/cm^3$ وقيمة تسارع الجاذبية الأرضية $9.81\ m/s^2$.

الحل: بما أن الضغط هو القوة على وحدة المساحة نكتب:

$$P = \frac{F}{A}$$

لكن القوة هي عبارة عن حاصل ضرب الكتلة بتسارع الجاذبية، والكتلة تساوي حاصل ضرب الحجم بالكثافة، والحجم هو عبارة عن حاصل ضرب مساحة السطح بالارتفاع، وبالتالي يمكن استنتاج علاقة حساب الضغط كما يلي:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{m.g}{A} = \frac{d.V.g}{\text{A}} = \frac{d.A.h.g}{\text{A}} = h.d.g$$

وبالتالي يمكن حساب قيمة الضغط الجوي القياسي كما يلي:

١) بالوحدة الدولية:

$$1atm = 76cm \times \frac{1m}{100cm} \times 13.6\frac{g}{cm^3} \times \frac{1kg}{10^3 g} \times \frac{10^6 cm^3}{1m^3} \times 9.81\frac{m}{s^2}$$

$$= 1.01325 \times 10^5 \frac{kg.m/s^2}{m^2}\left(\frac{N}{m^2} = Pa\right)$$

٢) بالوحدة السغثية:

$$1atm = 76cm \times 13.6\frac{g}{cm^3} \times 9.81\frac{m}{s^2} \times \frac{100cm}{1m}$$

$$= 1.01325 \times 10^6 \frac{g.cm/s^2}{cm^2}\left(\frac{dyne}{cm^2}\right)$$

٩- أحسب كتلة سبيكة متجانسة من البرونز على شكل اسطوانة نصف قطر قاعدتها 6.44cm وارتفاعها 44.37cm. تتألف من 79.42% نحاس و 20.58% قصدير. علماً أن كثافة كل من النحاس والقصدير هي $8.94\ g/cm^3$ و $7.31\ g/cm^3$ على الترتيب.

الحل: نحسب حجم السبيكة من العلاقة:

$$V = \pi r^2 d = \pi.(6.44)^2 \times 44.37 = 5781.1cm^3$$

وبالتالي حجم النحاس الموجود في السبيكة هو:

$$V_{Cu} = 5781.1 \times \frac{79.42}{100} = 4591.35cm^3$$

ومن علاقة الكثافة نحسب كتلة النحاس الموجود في السبيكة:

$$d = \frac{m}{v} \Longrightarrow m_{Cu} = d.v = 8.94\, g/cm^3 \times 4591.35cm^3 = 41046.67g$$

وبنفس الطريقة نحسب حجم وكتلة القصدير الموجود في السبيكة حيث:

$$V_{Sn} = 5781.1 \times \frac{20.58}{100} = 1189.75cm^3$$

$$d = \frac{m}{v} \Longrightarrow m_{Sn} = d.v = 7.31\, g/cm^3 \times 1189.75cm^3 = 8697.07g$$

وبالتالي كتلة السبيكة:

$$m_{Cu} + m_{Sn} = 41046.67g + 8697.07g = 49743.74g$$

١٠- خزان ماء اسطواني الشكل قطر قاعدته 100cm و ارتفاعه 2m و المطلوب تحديد كتلة الماء في الخزان بوحدتي kg و lb. علماً أن 1kg = 2.2046 lb وبفرض كثافة الماء 1g/mL.

الحل :

$$V = \pi r^2 h = \pi \left(50cm \times \frac{1m}{10^2 cm}\right)^2 \times 2m = 1.57m^3$$

$$d = \frac{m}{V} \Longrightarrow m_{H_2o}(kg) = d.V$$

$$= \left(1\frac{g}{mL} \times \frac{10^3 mL}{1L} \times \frac{10^3 L}{1m^3} \times \frac{1kg}{10^3 g}\right) \times 1.57m^3 \quad = 1570kg$$

$$m_{H_2o}(lb) = 1570kg \times \frac{2.2046lb}{1kg} = 3461.22lb$$

مسائل وتمارين غير محلولة

باستخدام الجدولين (١–٥) و (١–٦) حل المسائل التالية:

١– يستخدم معدن الليثيوم بشكل شائع في صناعة البطاريات الحديثة. إذا علمت أن شريحة من الليثيوم بشكل متوازي المستطيلات كتلتها 1.49×10^3 mg وأبعادها 20.9mm و 11.9mm و 11.1mm. أحسب كثافة الليثيوم بوحدة g/cm^3.

الجواب:

$0.540 g/cm^3$.

٢– مكعب من الألمنيوم طول ضلعه 15.6mm وكتلته 10.25g. أحسب كثافة معدن الألمنيوم بوحدة g/cm^3.

الجواب:

$2.70 g/cm^3$.

٣– حول إلى الوحدات المبينة.

$a) 72°F \Longrightarrow °C \text{ and } K \quad b) -164°C \Longrightarrow K \text{and} °F \quad c) 0K \Longrightarrow °C \text{ and} °F$

الجواب:

$a) 22.22°C, 295.37K \quad b) 109.15K, -263.2°F \quad c) -273.15°C, -459.67°F$

٤– حول 1gal (جالون) إلى mL ميليلتر. و1L إلى in^3.

الجواب:

$3.8 \times 10^3 mL$. $61\ in^3$.

٥–

أ– أحسب كثافة الزئبق بوحدة lb/ft^3. علماً أن كثافته $13.59\ g/cm^3$.

ب– تساوي كثافة ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) عند الدرجة 20°C القيمة 2.16 g/mL. أحسب كثافته النسبية عند نفس درجة الحرارة.

جـ– تبلغ درجة انصهار ملح الطعام القيمة 801°C. أحسب درجة انصهاره بوحدتي الكلفن ودرجة الفهرنهايت.

الجواب:

أ) $848.4\ lb/ft^3$ ب) 2.16.   جـ) 1473.8°F   1074.15k,

٦– إذا علمت أن أبعاد خزان (100, 60, 40 cm). أحسب حجمه بوحدات اللتر والمتر المكعب والجالون.

الجواب:

$$V = 240L, \quad V = 0.240m^3, \quad V = 63.41gal$$

٧– أحسب حجم سبيكة من الذهب كتلتها 3.48 g. وكتلة سبيكة منه حجمها 1.61 cm^3.إذا علمت أن كثافة الذهب 19.3 g/cm^3.

الجواب:

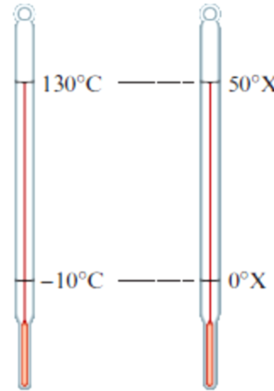
$$V = 0.180cm^3, \quad m = 31.1g$$

٨– تبلغ سرعة الصوت في الأثير عند مستوى سطح البحر 340m/s. أحسب قيمة السرعة بوحدة الميل بالساعة mi/hr.

الجواب:

.760.58 mi/hr

٩–.باستخدام الشكل التالي:



استنتج علاقة التحويل بين قيم درجة الحرارة بوحدة °C إلى القيم بوحدة °X وبالعكس. ثم حول القيمة 22°C إلى القيمة بوحدة °X. والقيمة 58°X إلى القيمة بوحدة °C.

الجواب:

$$T_X = \frac{5}{14}\mathrm{T_C} + \frac{50}{14}, \quad 11.4°\mathrm{X}, \quad 152.4°\mathrm{C}$$

١٠– أستنتج قيمة الضغط الجوي القياسي بوحدة lb/in^2 (pound per square inch) علماً أن قيمته بالوحدة الدولية $1.01325\times10^5\ N/m^2$.

الجواب:

.14.7 lb/in^2 (psi)